

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-13565

(43)公開日 平成6年(1994)1月21日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/10	4 5 1	8728-4M		
G 1 1 C 11/22		6741-5L		
H 0 1 L 21/31	B			
21/324	Z	8617-4M		
		8728-4M		
			H 0 1 L 27/ 10	3 2 5 J

審査請求 未請求 請求項の数21(全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-35838

(22)出願日 平成5年(1993)2月24日

(31)優先権主張番号 07/841370

(32)優先日 1992年2月25日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 592228963

ラムトロン・インターナショナル・コーポレーション

アメリカ合衆国,コロラド州 80921,コロラド・スプリングス,ラムトロン・ドライブ 1850

(72)発明者 ディヴィッシュ・エヌ・パテル

アメリカ合衆国,コロラド州 80920,コロラド・スプリングス,スプリングクレスト・ロード 2150

(74)代理人 弁理士 大垣 孝

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強誘電性メモリ回路の形成方法及び強誘電性コンデンサの形成方法

(57)【要約】

【目的】 強誘電性コンデンサの強誘電特性の改善を図ること。

【構成】 集積回路に使用される強誘電性コンデンサを形成する方法は、層を次々に形成し、各層の形成後、酸素又はオゾンアニールにより構造体をアニールする工程より成る。特に、強誘電体層の形成後、オゾンアニールが行われる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 強誘電性メモリ回路を形成するに当り、
下地上に下部電極構造を形成する工程と、
前記下部電極上に、強誘電体層を設ける工程と、
第一のアニールをオゾン雰囲気中で行う工程と、
前記強誘電体層上に、上部電極を形成する工程と、
前記上部電極を画成する工程と、
第二のアニールを行う工程と、
前記下部電極を画成する工程と、
第三のアニールを行う工程と、
前記上部電極、前記強誘電体層、前記下部電極上に、ガラス層を設ける工程と、
前記ガラス層に、前記上部電極及び前記下部電極へ達する個別のコンタクト窓をそれぞれ画成する工程と、
第四のアニールを行う工程と、
前記ガラス層に、前記基板へ達する別のコンタクト窓を画成する工程と、
前記ガラス層上及びそれぞれの前記コンタクト窓内に金属配線層を形成する工程と、
前記金属配線層を画成する工程と、
第五のアニールを行う工程とを含むことを特徴とする強誘電性メモリ回路の形成方法。

【請求項2】 前記金属配線層及び前記ガラス層上に金属間（インターメタル：inter-metal）誘電体層を設ける工程と、第六のアニールを行う工程とを更に含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記第一のアニールを短時間アニール法により行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】 前記短時間アニール法を650℃乃至850℃の範囲内の温度で、5秒乃至30秒間の範囲内の期間行うことを特徴とする請求項3記載の方法。

【請求項5】 前記第一のアニールをオゾン雰囲気中での短時間アニールと酸素雰囲気中での電気炉アニールとの組合せで行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】 前記第一のアニールをオゾン雰囲気中での電気炉アニールと酸素雰囲気中での短時間アニールとの組合せで行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】 前記第二のアニールを電気炉アニールとすることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項8】 前記電気炉アニールを酸素雰囲気中で、650℃乃至750℃の範囲内の温度で1時間行うことを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項9】 前記第二のアニールを750℃を越える温度でオゾン雰囲気中での短時間アニールと、それに続く750℃で1時間の電気炉アニールにより行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項10】 前記第三のアニールを酸素雰囲気における450℃乃至750℃の範囲内の温度で約1時間の電気炉アニールで行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項11】 前記第三のアニールの実施に先立ち、前記上部電極、前記強誘電体層及び前記下部電極を、400℃乃至450℃の範囲内の温度で約30分間オゾンに晒す工程を更に含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項12】 前記第四のアニールを酸素雰囲気中で、550℃の温度で約1時間の電気炉アニールで行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項13】 前記第四のアニールの実施に先立ち、400℃乃至450℃の範囲内の温度で約30分間、前記上部電極、前記強誘電体層、及び前記下部電極をオゾンに晒す工程を更に含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項14】 前記第五のアニールを酸素雰囲気における550℃の温度で約1時間の電気炉アニールで行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項15】 前記第五のアニールの実施に先立ち、前記上部電極、前記強誘電体層、及び前記下部電極を、400℃乃至450℃の範囲内の温度で、約30分間オゾンに晒す工程を更に含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項16】 前記第六のアニールを電気炉アニールとすることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項17】 前記電気炉アニールを450℃より低い温度で30分間だけ行うことを特徴とする請求項16記載の方法。

【請求項18】 電気炉アニール又は短時間アニールにより、前記下部電極の予備アニールを行うことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項19】 強誘電性コンデンサを形成するに当り、
下部電極構造を形成する工程と、
前記下部電極上に強誘電体層を設ける工程と、
アニールをオゾン雰囲気中で行う工程と、
前記強誘電体層上に上部電極を設ける工程とを含むことを特徴とする強誘電性コンデンサの形成方法。

【請求項20】 前記オゾン雰囲気中でのアニールを、前記強誘電体層を設けた後であってかつ、前記上部電極を設ける前に行うことを特徴とする請求項19記載の方法。

【請求項21】 強誘電性メモリ回路を形成するに当り、

基板の活性領域に下部電極構造を形成する工程と、
前記下部電極上に強誘電体層を設ける工程と、
第一のアニールをオゾン雰囲気中で行う工程と、
前記強誘電体層上に上部電極を設ける工程と、
前記上部電極を画成する工程と、
第二のアニールを行う工程と、
前記下部電極を画成する工程と、
第三のアニールを行う工程と、

10

20

30

40

50

前記上部電極、前記強誘電体層、前記下部電極上にガラス層を設ける工程と、
前記ガラス層に前記上部電極及び前記下部電極へ達する個別のコンタクト窓をそれぞれ画成する工程と、
第四のアニールを行う工程と、
前記ガラス層に前記基板へ達する別のコンタクト窓を画成する工程と、
前記ガラス層上及びそれぞれの前記コンタクト窓内に金属配線層を形成する工程と、
前記金属配線層を画成する工程と、
第五のアニールを行う工程とを含むことを特徴とする強誘電性メモリ回路の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、強誘電性集積回路の形成方法、特に強誘電性コンデンサを形成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】強誘電性コンデンサは、一般には、一連の蒸着及び画成工程を経て形成される。この工程では、酸素アニールを数回行う必要がある。酸素アニールは、蒸着、スパッタリング、或いはスピンコーティングされた(spin-on)「PZT(ジルコン酸チタン酸鉛)」の結晶相を正確に形成するために、更には電極及び材料の欠陥を低減するために必要とされる。

【0003】「PZT」は、ジルコン酸チタン酸鉛より成る強誘電体の名称であり、 $Pb(Ti_xZr_{1-x})O_3$ の一般式を有する。ここでxは組成比を表し $x=0$ 乃至1の範囲内の値である。蒸着、スパッタリング、或いはスピンコートされたPZTは非晶質であり、強誘電特性を有しない(或いは強誘電性が不十分である)。酸素雰囲気中でのアニールは、所望の強誘電特性を生じ得る結晶学的相を正確に形成するために必要である。例えば、PZTをメモリ回路に使用する場合、必要な強誘電体相(フェロエレクトリック フェーズ: ferroelectric phase)は正方晶系の相(テトラゴナル フェーズ: tetragonal phase)である。所望の強誘電性特性の一つは、電界を付与することなく生じる永久双極子モーメントである。これは正に帯電した Ti^{4+} イオンがその負に帯電した O^{2-} 環境に対して一方向に変位する場合にのみ生じ得る。酸素の空格子点は、ターゲットの欠陥及び酸素反応性により、スパッタされたPZT材料内に生じる傾向にある。かくして、酸素は、これらの欠陥を修復して良好な強誘電性を確保するために必要である。また、これらの酸素アニールは、材料の格子不整合の結果生じる界面における過剰の電荷を減少させる電気的受容体(アクセプタ: acceptor)原子として機能することにより、電極/PZT界面に影響を及ぼす。

【0004】現在、酸素アニールは、500℃より高温で O_2 の雰囲気中で行われている。一般に、酸素アニールは、電気炉アニール法又は短時間アニール法(RTA)により行う。

【0005】しかしながら、これらのアニールの効果は、強誘電性コンデンサを形成するために行う処理工程の幾つかにより、低下したり或いは場合によっては消滅してしまうこともある。例えば、後続の多くの集積回路処理段階では、低圧力でイオン化が弱く且つ極めて活性化されたガス状態(プラズマとして知られている)にある。このプラズマ内では、中程度のエネルギー($<1\text{ keV}$)の電子及び陽子が生成される。これらの粒子は、強誘電性材料内でイオン化して電子・正孔対を形成し、構成成分をなすPZT原子をイオン化することができる。これらの処理段階の結果生じた余分な電荷は蓄積され、強誘電体内に誘起された構造的な双極子モーメントの内部電界より大きく及び又それと反対方向の内部電界を形成する。

【0006】例えば、強誘電性コンデンサ上に SiH_4 、ガスおよび酸素または N_2 、 O ガスを用いてシリケート(silicate)ガラス膜を堆積すると、 H_2 又は N_2 が強誘電体結晶内で置換型不純物になり、結晶の強誘電性効果を損なうことがある。十分な H_2 が強誘電性結晶内に置換可能に蓄積した場合には、誘起された構造的な双極子モーメントはゼロとなり、強誘電体ヒステシス曲線は従来の線型誘電媒体のそれに近似する。これは、強誘電体内に埋設されて大幅に抵抗率が低減した領域として理解されよう。

【0007】本発明の目的は、上述した欠点を有しない強誘電体コンデンサおよびこれを用いた強誘電性メモリ回路を形成するための改良された方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明は、オゾンアニールにより、強誘電性コンデンサおよびこのコンデンサを用いた強誘電性メモリ回路を形成する方法に関する。この方法は概して、一連のオゾンアニールを含む一連の処理段階より成る。

【0009】本発明の強誘電性メモリ回路の形成方法によれば、下地上に下部電極構造を形成する工程と、前記下部電極上に、強誘電体層を設ける工程と、第一のアニールをオゾン雰囲気中で行う工程と、前記強誘電体層上に、上部電極を形成する工程と、前記上部電極を画成する工程と、第二のアニールを行う工程と、前記下部電極を画成する工程と、第三のアニールを行う工程と、前記上部電極、前記強誘電体層、前記下部電極上に、ガラス層を設ける工程と、前記ガラス層に、前記上部電極及び前記下部電極へ達する個別のコンタクト窓をそれぞれ画成する工程と、第四のアニールを行う工程と、前記ガラス層に、前記基板へ達する別のコンタクト窓を画成する

工程と、前記ガラス層上及びそれぞれの前記コンタクト窓内に金属配線層を形成する工程と、前記金属配線層を画成する工程と、第五のアニールを行う工程とを含むことを特徴とする。

【0010】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記金属配線層及び前記ガラス層上に金属間（インターメタル：inter-metal）誘電体層を設ける工程と、第六のアニールを行う工程とを更に含むのが良い。

【0011】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第一のアニールを短時間アニール法により行うのが良い。

【0012】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記短時間アニール法を650℃乃至850℃の範囲内の温度で、5秒乃至30秒間の範囲内の期間行うのが良い。

【0013】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第一のアニールをオゾン雰囲気中での短時間アニールと酸素雰囲気中での電気炉アニールとの組合せで行うのが良い。

【0014】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第一のアニールをオゾン雰囲気中での電気炉アニールと酸素雰囲気中での短時間アニールとの組合せで行うのが良い。

【0015】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第二のアニールを電気炉アニールとするのが良い。

【0016】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記電気炉アニールを酸素雰囲気中で、650℃乃至750℃の範囲内の温度で1時間行うのが良い。

【0017】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第二のアニールを750℃を越える温度でオゾン雰囲気中での短時間アニールと、それに続く750℃で1時間の電気炉アニールにより行うのが良い。

【0018】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第三のアニールを酸素雰囲気における450℃乃至750℃の範囲内の温度で約1時間の電気炉アニールで行うのが良い。

【0019】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第三のアニールの実施に先立ち、前記上部電極、前記強誘電体層及び前記下部電極を、400℃乃至450℃の範囲内の温度で約30分間オゾンに曝す工程を更に含むのが良い。

【0020】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第四のアニールを酸素雰囲気中で、550℃の温度で約1時間の電気炉アニールで行うのが良い。

【0021】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第四のアニールの実施に先立ち、400℃乃至450℃の範囲内の温度で約30分間、前記上部電極、前記強誘電体層、及び前記下部電極をオゾンに曝す工程

を更に含むのが良い。

【0022】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第五のアニールを酸素雰囲気における550℃の温度で約1時間の電気炉アニールで行うのが良い。

【0023】さらに、この発明の実施に当り、好ましくは、前記第五のアニールの実施に先立ち、前記上部電極、前記強誘電体層、及び前記下部電極を、400℃乃至450℃の範囲内の温度で、約30分間オゾンに曝す工程を更に含むのが良い。

10 【0024】さらに、前記第六のアニールを電気炉アニールとするのが好ましい。

【0025】さらに、前記電気炉アニールを450℃より低い温度で30分間だけ行うのが好ましい。

【0026】さらに、電気炉アニール又は短時間アニールにより、前記下部電極の予備アニールを行うのが好ましい。

20 【0027】本発明の強誘電性コンデンサの形成方法によれば、下部電極構造を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体層を設ける工程と、アニールをオゾン雰囲気中で行う工程と、前記強誘電体層上に上部電極を設ける工程とを含むことを特徴とする。

【0028】この発明の実施に当り、好ましくは、前記オゾン雰囲気中でのアニールを、前記強誘電体層を設けた後であってかつ、前記上部電極を設ける前に行うのが良い。

30 【0029】本発明の強誘電性メモリ回路の形成方法の他の例によれば、基板の活性領域に下部電極構造を形成する工程と、前記下部電極上に強誘電体層を設ける工程と、第一のアニールをオゾン雰囲気中で行う工程と、前記強誘電体層上に上部電極を設ける工程と、前記上部電極を画成する工程と、第二のアニールを行う工程と、前記下部電極を画成する工程と、第三のアニールを行う工程と、前記上部電極、前記強誘電体層、前記下部電極上にガラス層を設ける工程と、前記ガラス層に前記上部電極及び前記下部電極へ達する個別のコンタクト窓をそれぞれ画成する工程と、第四のアニールを行う工程と、前記ガラス層に前記基板へ達する別のコンタクト窓を画成する工程と、前記ガラス層上及びそれぞれの前記コンタクト窓内に金属配線層を形成する工程と、前記金属配線層を画成する工程と、第五のアニールを行う工程とを含むことを特徴とする。

40 【0030】オゾンは400℃以上の温度では迅速に O_2 と O^- に分解するので、酸素アニールと比較して、オゾンアニールの方が、強誘電体に酸素を付与する方法としては優れている。この分解の結果、強誘電体には O_2 が付与されるのみならず、反応性が強く、 O_2 より電子親和力大きい O^- 種（ O^- species）もまた付与される。また、オゾンガスは極めて反応性に富んでおり当然酸素を手放すことにより安定になろうとするので、オゾンは通常の O_2 と同じ表面吸着／脱着の運動力

学によって制限を受けない。換言すれば、酸素分子は500℃で強誘電体の表面に吸着され、しかも共有結合を切断するためには酸素分子に十分なエネルギーを必要とするのに対し、オゾン分子は500℃以上では数ミリ秒で酸素原子と酸素分子に分解してしまふ。その結果、強誘電体がオゾンに晒されると、強誘電体はO₂から受けるより遥かに速く酸素原子を得ることができる。従って、オゾンは強誘電体内に高濃度の反応性酸素原子を拡散させるので、酸素は比較的迅速に強誘電体内に拡散（浸透）することができる。これは、酸素が強誘電体結晶に迅速に付与されるほど、失われる鉛（Pb）原子の数が減少するので重要である。

【0031】

【実施例】以下、図面を参照してこの発明の実施例につき説明する。尚、図中、同一部分には同一符号を付して示してある。また、各図は、主要工程段階で得られた構造体を断面で示しており、断面を表わすハッチング等を一部省略してある。以下、好ましい実施例を説明する。

【0032】本発明の方法的側面における好ましい実施例は、以下に説明する態様で実施される一連の製造工程を含む。

【0033】図1は、強誘電体層が形成されるべき下地を示しており、本発明の実施例によれば、流し込み（フロード：flowed）ガラス層10上には下部電極12が設けられている。流し込みガラス層10は、ドーブポリシリコンゲート9、基板8（Si（珪素）、又はGaAs（ガリウム砒素）のような化合物半導体）、及びそれに続く配線層（インターコネクト層：Interconnect layer）の間を分離（絶縁）する。また、ソース及びドレン領域（S、D）も図示されている。

【0034】この実施例では、この下地をソースおよびドレン領域（S、D）と、分離領域とが形成されている基板8、ドーブポリシリコンゲート9および平坦化された流し込みガラス層10とで構成しているが、これに何ら限定されるものではない。

【0035】ゲート材料であるポリシリコンをCVD（化学的気相成長）法で堆積する。ポリシリコンゲート9には3通りの方法でドーピングを行うことが可能である。その方法としては、ポリシリコンの堆積中にドーバントガスを導入することによってドーピングするか、イオンインプランテーションを行うか、或いは堆積後に拡散によってドーピングする方法がある。通常、ゲートへのドーピングは、ウェハに隣接させた固体ソースか或いはドーバントとしてのPOCl₃（三塩化ホスホリル：phosphoryl chloride）を用いて、高温でドーバントを拡散させて行う。その後、ドーブポリシリコンゲートを、ホトリソグラフィおよびドライブラズマエッチングによってパターンニングして得る。

【0036】流し込みガラス層10を好ましくはPSG

（PhosphoSilicateGlass）またはBPSG（Boron PhosphoSilicateGlass）とするのが良い。これら材料にはドーバントが含まれているが、例えば、PSGの場合にはリン（P）がおよびBPSGの場合にはボロン（B）およびリン（P）が含まれており、これらドーバントはケイ酸塩ガラスの軟化点を下げるために用いられている。これらのガラスは、一般には、SiH₄、O₂、PH₃、B₂H₆を用いたCVD法により堆積するか、或いは、500℃未満の温度でTEOS（テトラエチルオルソシラン：Tetra Ethyl Ortho Silane）、O₂、TMP（トリメチルフォスファイト：Tri Methyl Phosphite）およびTMB（トリメチルボーレート：Tri Methyl Borate）を用いて堆積する、6乃至10重量%のPを含むBSGか、または、4重量%のBおよび4重量%のPを含むBPSGのいずれかをフロー（flow）ガラスの組成として用いる。このガラスを蒸気、または酸素または窒素中で、800℃乃至1100℃の範囲内の温度で20乃至30分の範囲内の時間内だけ流動させる。

【0037】下部電極12は、例えば、スパッタによる堆積或いは蒸着により設けることができる。

【0038】別の実施例において、下部電極は、基板のソース又はドレン領域等の活性領域に直接形成してもよい。

【0039】下部電極12は、例えば、白金（Pt）、金（Au）、又はモリブデン（Mo）等の貴金属から形成することができる。好ましくは、下部電極12は、2000オングストローム（20ナノメートル）のチタン（Ti）層と、1500オングストローム（150ナノメートル）の白金（Pt）層より成り、両層の金属の堆積工程の間で真空状態を破ることのない、一つの続けた処理工程（シングルパス：single pass）で堆積される。一般に流し込みガラスに対する白金の粘着力は弱いので、チタン層が接着層として使用される。

【0040】更に、下部電極12を熱処理するために、酸素、オゾン、空気又は形成ガス雰囲気下で500℃乃至700℃間のある温度で、電気炉アニール（ファーンエスアニール）法もしくは短時間アニール（RTA）法により予備アニールを行う。このアニールにより、二酸化チタン（TiO₂）の単分子層が数層形成され、下部電極12と流し込みガラス10とを良好に接合する。更に、このアニールの結果、白金膜の上側に、二酸化チタン（TiO₂）（アニール中に酸素を使用した場合）又は窒化チタン（TiN）（アニール中に空気及び又は形成ガスを使用した場合）のアイランドが数個形成される。これにより、下部電極12とそれに続いて堆積（デポジット：deposit）される強誘電体との間の接着性を改善している。

【0041】図2に示すように、強誘電体層14を下部電極12上に設ける。例えば、酸化タンタル等のペロブスカイト（灰チタン石）結晶型もしくは高誘電率の材料を、強誘電体層14として堆積することができる。例えば、一般式 $A_xB_zO_z$ （但し、 x 、 y 、 z はそれぞれ組成比を表している）を有して典型的には z が3である材料を、強誘電体14として使用可能である。このグループに含まれるものは、例えば、 $YBa_2Cu_3O_7$ 等のペロブスカイト構造の結晶の高温超伝導体のクラスである。しかしながら、強誘電体は、例えば、 $Pb(Ti, Zr_{1-x})O_3$ （但し、 x は組成比を表す）の一般式を有するPZT（ジルコン酸チタン酸鉛）、又はPLZT（ジルコン酸チタン酸鉛ランタン）等のドーブド（doped）PZTであることが好ましい。強誘電体層14は、例えば、アルゴン及び酸素、アルゴン及びオゾン、アルゴン、酸素、又は、オゾンの雰囲気中におけるPZT酸化物セラミックターゲットのRF（高周波）スパッタリングにより堆積するか、或いはアルゴン及び酸素の雰囲気中か、又は、アルゴン及びオゾンの雰囲気中における $Pb-Ti-Zr$ 金属ターゲットのDC（直

流）／RFスパッタリングにより堆積するかして設けることができる。また、強誘電体層14は、有機溶剤中に懸濁させた $Pb-Ti-Zr$ 酸化物の先駆物質を高速回転速度でスピニング（spinning）させた後アニールを行って有機溶剤を除去することにより、堆積形成することもできる。

【0042】次に、強誘電体層14に対し最初のアニールを行う。この最初のアニールは、短時間アニール（RTA）法又は電気炉アニール法によりオゾン雰囲気中で行う。強誘電体が存するウエーハ全体をアニールするために電気炉アニール法又は短時間アニール法を実施する場合、レーザ、マイクロ波又はガス放電（プラズマ）を使用してアニールを行うことができる。短時間アニール法によりメモリ強誘電コンデンサが良好な強誘電特性を発揮できるので、好ましい実施例においては、短時間アニール法によりアニールを行う。

【0043】短時間アニール法においては、タングステンハロゲンランプからの熱放射により、ウエーハの温度を急上昇させる。ウエーハを、水晶ケージ内に載置し、ウエーハの温度を、熱電対及び又は光学パイロメータを用いて調節する。アニール工程においては、酸素、オゾン又は空気のようなガスを使用することができる。短時間アニール（RTA）法を実施する場合、アニールは約650℃乃至850℃の範囲内の温度で約5秒乃至30秒間行うことが好ましい。PZTの微晶質相（マイクロクリスタラインフェーズ：micro-crystalline phase）を、強誘電特性を呈するペロブスカイト結晶相に変換するために、強誘電体層14の急速熱処理の間、オゾンガスを使用することが好ましい。加えて、オゾン雰囲気内の短時間アニール（RT

A）は、従来の電気炉内での酸素アニールと比較して、アニール中に失われる鉛（Pb）原子の数を大幅に減少させるという点でも好ましい。

【0044】この最初のアニールは、単一のアニール工程か又はそれを組み合わせたものにより実施可能である。アニールは、強誘電体のキュリー点以上の温度で任意の圧力の酸素（ O_2 ）及び又はオゾン（ O_3 ）雰囲気を用いた短時間アニール法又は電気炉アニール法により行うことができる。可能な組合せとしては、オゾン短時間アニールー酸素短時間アニール、オゾン短時間アニールー酸素電気炉アニール、酸素電気炉アニールーオゾン短時間アニール、或いは、単一の電気炉又は2つの異なる電気炉内で実施されるオゾン電気炉アニールー酸素電気炉アニール等がある。利用するアニール類型は、製造工程の終わりに必要とされる強誘電特性に応じて決定される。好ましい実施例においては、オゾン短時間アニールー酸素電気炉アニール、又は酸素電気炉アニールーオゾン短時間アニールのいずれかが利用される。

【0045】次に、図3に示したように、例えば直流マグネトロンスパッタリングによる堆積法により、強誘電体層14上に上部電極16を形成する。上部電極16は、例えば白金、金、又はモリブデン等の貴金属から構成することができる。上部電極16は、約1500オングストローム（150ナノメートル）の厚さを有することが好ましい。

【0046】次に、上部電極16上に、第一のフォトレジストパターンを設ける。この第一のフォトレジストパターンは、例えば、光リソグラフィにより形成することができる。次に、パターンに基づいて、上部電極16を画成する。上部電極16は、例えば、フロンー12（商品名）（ジクロロジフルオロメタン： CCl_2F_2 ）プラズマを使用した異方性反応性イオンエッチングにより画成することができる。また、アルゴン雰囲気中での（TiW等の金属製ハードマスクを使用した）スパッタエッチング又はイオンミリングも、上部電極16を画成するために使用可能である。次に、第一のフォトレジストパターンを除去する。その結果得られた構造体を図4に示す。この構造体は、パターニングされた上部電極16を有している。

【0047】次に、第二のアニール、即ち積層体（12、14、16）全体のアニールを行う。このアニールは、電気炉アニール法又は短時間アニール法により行う。メモリ回路の場合、酸素雰囲気中で、650℃乃至750℃の範囲内のある温度で1時間、電気炉アニールを行うことが好ましい。しかしながら、750℃を越える温度で45秒間のオゾン短時間アニールの後、750℃の温度で1時間電気炉内で酸素アニールを行ってもよい。更に、この第二のアニールに先立ち、450℃より高い温度でウエーハ全体を30分間オゾンに予め晒すことにより、このアニールで達成し得る強誘電特性を改善

することができる。

【0048】次に、強誘電体14をパターン形成即ち画成するために、強誘電体層14及び上部電極16上に、第二のフォトリソistパターンを従来の方法で設ける。この場合、例えば光リソグラフィ技術により、強誘電体層14のパターンを決める。露出した強誘電体層の部分をエッチングした後、フォトリソistパターンを除去し、図5の構造体を得る。この構造体はパターンニングされた強誘電体層14を有している。

【0049】次に、下部電極12の領域を画成するために、第三のフォトリソistパターンを通常の方法により設ける。この場合、下部電極12に対しパターン形成のための光学的な露光を行った後、エッチングにより下部電極の露出部分を除去する。その後、第三のフォトリソistを除去する。図6は、パターンニングされた下部電極12を具える構造体を示す。

【0050】次に、第三のアニールを行う。このアニールは、酸素雰囲気下における550℃の温度で1時間の電気炉アニールか、或いは、400℃乃至450℃の範囲内のある温度で30分間この構造体をオゾンに晒した後、酸素雰囲気中で550℃の温度で1時間電気炉アニールを行う2段階工程のいずれかにより実施することができる。

【0051】次に、図7に示すように、ガラス層18をウエーハ上に形成する。ガラス層18は、種々の方法で堆積可能である。例えば、600℃以上で酸素とTEOS（オルト珪酸テトラエチル：Tetra-Ethyl-Ortho-Silicate）を用いたCVD法、380℃以上で酸素（ O_2 ）とモノシラン（ SiH_4 ）を用いたCVD法、390℃で酸素とTEOSを用いたPECVD（プラズマ・エンハンスドCVD）法、又は390℃でオゾンとTEOSを用いた熱CVD法により行うことができる。ガラスを堆積するための雰囲気中にオゾンを使用することにより、下側の強誘電体の劣化を減少させることができる。好ましいガラスフィルム積層体は、熱CVDによるオゾン（ O_3 ）／TEOSガラスと、それに続くPECVDによるTEOS／酸素（ O_2 ）ガラスから成る。ガラス層18の厚さは、約5000オングストローム（500ナノメートル）である。

【0052】次に、上部電極16への第1のコンタクト窓20を、エッチングにより形成する。好ましくは、第1のコンタクト窓20は、フォトリソist・コンタクトマスクを用いて、ガラス層18を貫通してプラズマエッチングすることにより形成される。更に、下部電極12への第2のコンタクト窓22を、同様にガラス層18を貫通して形成する。2つのコンタクト窓20、22は、同時に形成することが望ましい。

【0053】次に、第四のアニールを行う。第四のアニールは、第三のアニールに対して先に説明したように行

うことができる。第四のアニール後、基板8へのコンタクト窓24を、ガラス層18と流し込みガラス層10を貫通してエッチング形成する。図8は、その結果得られる構造体を示す。

【0054】次に、図9に示したように、ガラス層18上とコンタクト窓（20、22、24）内に、例えばスパッタリングによる堆積により、金属配線層（又は相互接続金属層ともいう。）26を設ける。配線層26は、TiN（窒化チタン）障壁層と、例えばSi（珪素）を1重量%添加したAl（アルミニウム）等のAl-Si金属層とを以て構成する。Al-Si金属層は、スパッタで形成された下側のTiN障壁層（バリア層）上にスパッタで堆積される。この障壁層（バリア層）は、その後のアニール中に、Al-Si金属と上部及び下部電極とが相互拡散（インターディフュージング：interdiffusing）するのを防ぐ働きをする。TiN障壁層の厚さは、約500オングストローム（50ナノメートル）であり、Al-Si金属の厚さは、5000オングストローム（500ナノメートル）乃至8000オングストローム（800ナノメートル）である。

【0055】次に、従来の方法により、金属配線層26上に第4フォトリソistパターンを設ける。更に、露出した金属配線層26の部分をエッチングした後、第4フォトリソistパターンを除去して図10に示した構造体を得る。この構造体はパターンニングされた金属配線層26を有している。

【0056】次に、オゾン及び又は酸素雰囲気中で、第五のアニールを行う。第五のアニールは、電気炉アニール法又は短時間アニール法により行う。電気炉アニールは、450℃より低い温度で30分間だけ実施することが望ましい。

【0057】次に、図11に示したように、平坦化した金属層間（インターメタル：intermetal）誘電体層28を設ける。金属層間誘電体層28は、例えば、 SiH_4 （モノシラン）及び N_2O （一酸化二窒素）のプラズマ・エンハンスド化学蒸着（PECVD酸化物）／スピノ・オン・ガラス（SOG）／PECVD酸化物を交互に重ねたもの、或いは、PECVD酸化物／TEOS-オゾンの常圧CVD（APCVD）／PECVD酸化物を交互に重ねたものでよい。更に、金属層間誘電体層28上に、第5フォトリソistパターンを従来の手段により形成する。次に、露光した金属層間誘電体層28をエッチングすることにより、第1金属配線層26へのコンタクト（ビアス：vias）を形成する。更に、第5のフォトリソistパターンを除去して図12の構造体を得る。誘電体層28上に、例えば珪素を1重量%含むアルミニウム又は珪素1重量%と銅0.5重量%を含むアルミニウムから成る第2金属配線層29を設ける。必要に応じて、第2金属配線層29の下に、例えばTiN（窒化チタン）又はTiW（タングステン・チ

タン)等の障壁層を蒸着形成してもよい。

【0058】次に、オゾン及び又は酸素雰囲気中で第六のアニールを行って、本発明の構造を完成する。第六のアニールは、上述した第五のアニールと同様に実施する。金属層間誘電体層28の堆積、成形および金属配線層の堆積の処理工程を、必要に応じて反復して行い、より高次の多段配線層を構成してもよい。

【0059】上述した説明は、単に好適例を示したものであり、従って、本発明は上述した実施例にのみに限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】強誘電体層が形成されるべき下地の部分的断面図。

【図2】図1の下部電極上に強誘電体層を形成した構造を示す部分的断面図。

【図3】図2の強誘電体層上に上部電極を形成した構造を示す部分的断面図。

【図4】図3の構造から上部電極の一部を除去した状態を示す部分的断面図。

【図5】図4の構造から強誘電体層の一部を除去した状態を示す部分的断面図。

【図6】図5の構造から下部電極の一部を除去した状態を示す部分的断面図。

【図7】図6の上部電極、強誘電体、下部電極上にガラス層を形成した構造を示す部分的断面図。

*

*【図8】図7のガラス層内に、上部電極、強誘電体、下部電極へのコンタクト窓を形成した構造を示す部分的断面図。

【図9】図8のガラス層上に、第一の金属配線層を形成した構造を示す部分的断面図。

【図10】図9の金属配線層の一部を除去した構造を示す部分的断面図。

【図11】図10の構造に金属層間誘電体層を形成した状態を示す部分的断面図。

10 【図12】図11の金属層間誘電体層上に、第二の金属配線層を形成した構造を示す部分的断面図。

【符号の説明】

8：基板

10：流し込みガラス層

12：下部電極

14：強誘電体層

16：上部電極

18：ガラス層

20：第1コンタクト窓

22：第2コンタクト窓

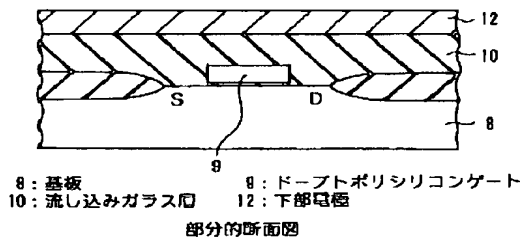
24：コンタクト窓

26：金属配線層

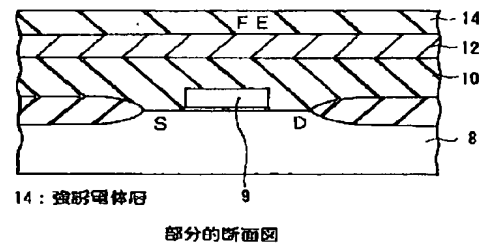
28：インターメタル誘電体層

29：金属配線層

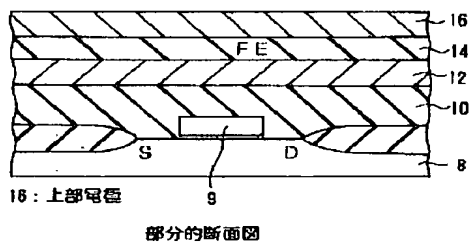
【図1】



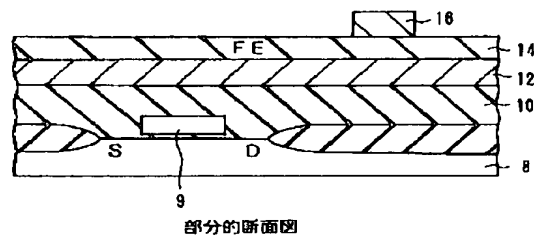
【図2】



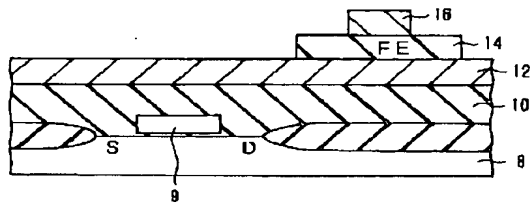
【図3】



【図4】

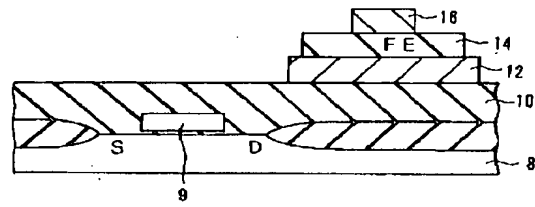


【図5】



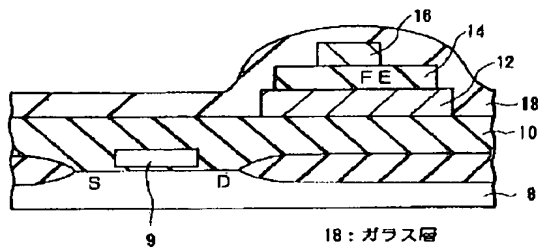
部分的断面図

【図6】



部分的断面図

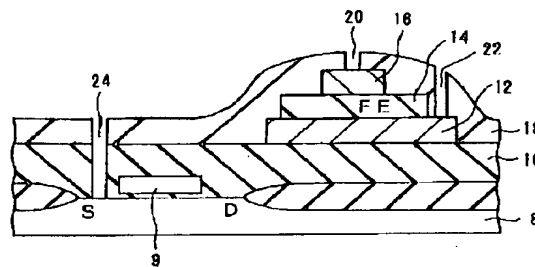
【図7】



18: ガラス層

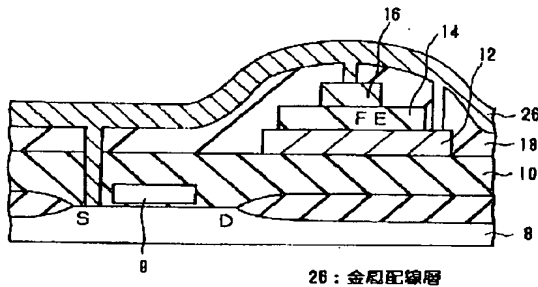
部分的断面図

【図8】

20: 第1コンタクト窓 22: 第2コンタクト窓
24: コンタクト窓

部分的断面図

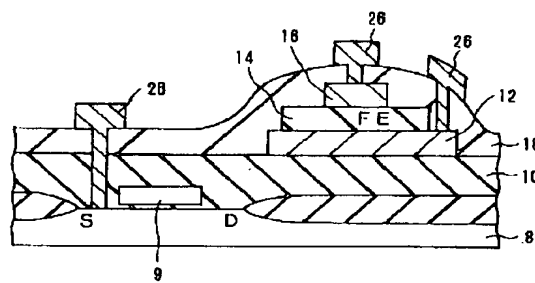
【図9】



26: 金めっき層

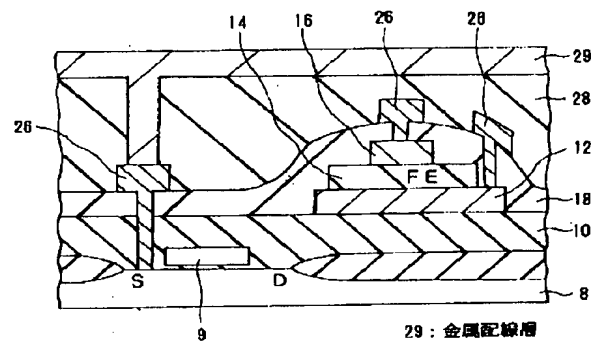
部分的断面図

【図10】



部分的断面図

【图 12】



部分的断面図

* ちのガラスは、一般には、 SiH_4 、 O_2 、 PH_3 、 B_2H_6 を用いたCVD法により堆積するか、或いは、500℃未満の温度でTEOS（テトラ エチル オルソ シラン：Tetra Ethyl Ortho Silane）、 O_2 、TMP（トリメチル フォスファイト：Tri Methyl Phosphite）およびTMB（トリメチル ボーレート：Tri Methyl Borate）を用いて堆積する、6乃至10重量%のPを含むPSGか、または、4重量%のBおよび4重量%のPを含むBPSGのいずれかをフロー（flow）・ガラスの組成として用いる。このガラスを蒸気、または酸素または窒素中で、800℃乃至1100℃の範囲内の温度で20乃至30分の範囲内の時間内だけ流動させる。

技術表示箇所

(72)発明者 ダグラス・シェルドン
 アメリカ合衆国、コロラド州 80909, コ
 ロラド・スプリングス, エヌ・シェリダン
 1010